
Le paysage fluvial et irrigué de Sarazm dans la moyenne vallée du Zeravchan, Tadjikistan, Asie centrale

Étude des dynamiques et des temporalités d'un paysage de l'eau en
milieu contraignant

*The Sarazm River and Irrigation Landscape in the Middle Zeravchan Valley,
Tajikistan, Central Asia – Study of the Dynamics and Timelines of a Water
Landscape in a Challenging Environment*

Lucie Cez



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/paysage/705>

DOI : 10.4000/paysage.705

ISSN : 1969-6124

Éditeur :

École nationale supérieure du paysage de Versailles-Marseille, Institut national des sciences
appliquées Centre Val de Loire - École de la nature et du paysage, École nationale supérieure
d'architecture et de paysage de Bordeaux, École nationale supérieure d'architecture et de paysage de
Lille, Agrocampus Angers

Référence électronique

Lucie Cez, « Le paysage fluvial et irrigué de Sarazm dans la moyenne vallée du Zeravchan, Tadjikistan,
Asie centrale », *Projets de paysage* [En ligne], 20 | 2019, mis en ligne le 23 juin 2019, consulté le 28
novembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/paysage/705> ; DOI : 10.4000/paysage.705

Ce document a été généré automatiquement le 28 novembre 2019.

Projets de paysage

Le paysage fluvial et irrigué de Sarazm dans la moyenne vallée du Zeravchan, Tadjikistan, Asie centrale

Étude des dynamiques et des temporalités d'un paysage de l'eau en milieu contraignant

The Sarazm River and Irrigation Landscape in the Middle Zeravchan Valley, Tajikistan, Central Asia – Study of the Dynamics and Timelines of a Water Landscape in a Challenging Environment

Lucie Cez

- ¹ Le paysage fluvial, produit des interactions nature/société (Bertrand, 1978 ; Tricart, 1979 ; Burnouf et Carcaud, 2000 ; Burnouf et Leveau, 2004), est un objet d'étude complexe, car les dynamiques biophysiques et les actions humaines qui participent à sa construction ne fonctionnent pas nécessairement dans les mêmes limites spatiales, de même elles ne s'inscrivent pas dans les mêmes temporalités (Barrué-Pastor et Bertrand, 2000 ; Luginbühl, 2003 ; Lespez, 2012). De ce fait, le temps dans les études de paysage apparaît souvent cloisonné ; la longue durée étant attribuée aux dynamiques physiques, tandis que les actions des groupes sociaux relèvent d'un temps plus court. De plus, cette partition du temps est le plus souvent assortie d'une notion d'immobilité pour les premières et de rythmicité pour les secondes. Centrée sur ces processus, l'étude de la fabrique du paysage fait des temporalités des repères chronologiques pour une périodisation des dynamiques morphogénétiques du paysage. Or, dans les paléoenvironnements anthropisés, le temps de l'histoire d'un paysage ne peut être que complexe¹ du fait de la démultiplication des facteurs environnementaux et des dynamiques anthropiques intervenant dans sa construction, de leurs cycles et de leurs rythmes respectifs, mais aussi en raison de l'enchevêtrement de ces temporalités (Lespez et Ballouche, 2009 ; Valette, 2014). Les vallées fluviales sont des milieux

sensibles au sein desquels le paysage et ses ressources sont des objets d'appropriation par les sociétés (Brown *et al.*, 2013 ; Wantzen *et al.*, 2016). Dans l'Asie centrale aride à semi-aride, le paysage de ces vallées où se concentre l'eau disponible est mis en valeur par les communautés sédentaires passées et actuelles et leurs usages des ressources paysagères, en premier lieu de l'eau à travers les systèmes hydrauliques (Francfort et Lecomte, 2000 ; Andrianov et Mantellini, 2016). Dans la moyenne vallée du Zeravchan au Tadjikistan (figure 1), l'existence de contraintes environnementales, résultant à la fois de l'aridité du climat et d'un contexte tectonique actif, amorce un questionnement sur les interactions socioenvironnementales et plus spécifiquement sur la nature, le degré de ces interactions et leur rôle dans la fabrique du paysage.

- 2 En effet, le climat et la tectonique sont des facteurs de contrôle des formes du paysage fluvial, l'intensité et les temporalités des processus morphoclimatiques et morphotectoniques ayant un impact sur la matérialité du paysage dans l'espace et dans le temps. Les agropasteurs sédentaires de Sarazm qui s'implantent dans cette partie de la vallée aux IV^e-III^e millénaires avant notre ère contribuent à l'évolution de ce paysage de l'eau, à travers les modes d'occupation et d'exploitation qu'ils en avaient. Au travers de l'étude des dispositifs hydrauliques, ces interactions socioenvironnementales sont une clé de compréhension d'une partie de l'histoire des paysages, jouant un rôle dans l'organisation des territoires et la structuration du paysage (par exemple Netherly, 1984 ; Farrington, 1980 ; Berger, 2000 ; Waters et Ravesloot, 2001 ; Tianduowa et Ersten, 2011 ; Cador et Lespez, 2012 ; Purdue et Berger, 2015 ; Cez *et al.* à paraître). Peu d'études toutefois prennent en compte le rôle des temporalités propres aux systèmes d'irrigation dans la structuration des paysages fluviaux (Ersten, 2010 ; Purdue, 2015). Cet article explore la gamme des temporalités du système d'irrigation de Sarazm à l'époque protohistorique, non seulement le temps de sa construction et de son abandon mais aussi celui lié à son fonctionnement et à sa maintenance. Pour cela, les comblements sédimentaires de canaux à ciel ouvert constituent des archives à haut niveau de résolution temporelle. L'étude de ces temporalités à la fois décroisées et démultipliées se veut être une approche originale pour appréhender la nature et le degré des interactions socioenvironnementales au sein d'un milieu dit contraignant, ainsi que les formes du paysage qui en résultent.
- 3 Partant du paysage actuel, l'approche géoarchéologique mise en œuvre pour cette étude est présentée, ainsi que les archives du paysage fluvial et celles de comblements de canaux anciens sur lesquelles elle se fonde. Dans un premier temps, les modalités et les étapes de la fabrique du paysage fluvial sont étudiées en lien avec les facteurs de contrôle s'exerçant dans la vallée à différentes échelles de temps et d'espace. Dans un second temps, l'article traite du rôle des interactions socioenvironnementales dans la fabrique d'un paysage de l'eau original, à travers les modalités et les temporalités de la gestion de l'eau dans ce milieu contraignant depuis l'époque protohistorique.

Composantes paysagères d'une vallée fluviale semi-aride d'Asie centrale : les trois formes de l'eau

- 4 Le paysage de la moyenne vallée de la rivière Zeravchan apparaît comme un enchevêtrement des différentes formes de l'eau et de ses usages dans le temps.

De l'eau fluviale à l'eau maîtrisée

- 5 À l'aval de Pendzhikent (figure 1), la rivière débouche dans une large plaine au terme d'un long parcours de montagne. Elle y adopte un style en tresse, le lit mineur sinueux et localement dédoublé formant un réseau dense de bras d'eau secondaires entourant des bancs alluviaux émergés. Les nouvelles conditions de pente en plaine conduisent au dépôt d'une partie de la charge de la rivière. Les bancs non végétalisés, le sapement des rives et la présence de laisses de crue témoignent des variations saisonnières de son débit, résultant de la fonte des neiges et du glacier éponyme en été.

Figure 1. Carte de localisation de la moyenne vallée du Zeravchan au Tadjikistan, en Asie centrale



© Photo Lucie Cez.

- 6 Dans sa partie inondable, l'espace de la rivière est occupé par une *tugai*² constituée d'arbres, de buissons, d'herbes hautes et de roseaux (figure 2). Cette végétation riparienne inféodée au rythme de l'inondation et à la proximité de la nappe souterraine fournit de précieuses ressources depuis toujours exploitées (bois et roseaux, fruits et baies) mais abrite également une faune pouvant être chassée. Dans la moyenne vallée du Zeravchan, la *tugai* aujourd'hui dégradée est également une zone de pâturage pour les troupeaux.

Figure 2. La tugai en bordure du Zeravchan



© Photo Lucie Cez.

- 7 Vers le sud, le fond de vallée se raccorde au versant par une série de terrasses alluviales, tandis qu'au nord, elles ne sont plus visibles qu'à l'état de lambeaux (figure 3). La plus haute terrasse est occupée par les bourgs ruraux d'Avazeli, Gourach et Sohbnazar à une altitude moyenne de 915 mètres. À son extrémité occidentale se situe la zone archéologique de Sarazm, occupée au Chalcolithique et au Bronze ancien, aux IV^e-III^e millénaires avant notre ère. Sur la bordure septentrionale de cette terrasse, des vestiges de canaux anciens ont été découverts. Entre la zone habitée et la rivière, les terrasses sont cultivées (riz, trèfle, tabac, légumes, arbres fruitiers) et irriguées par dérivation gravitaire à partir des écoulements du Zeravchan. Un canal d'adduction maçonné capte l'eau dans une sinuosité de la rivière à l'amont des cultures et s'écoule dans une direction est-ouest au pied de la terrasse haute (figure 4).

Figure 3. Les terrasses alluviales du versant sud



© DAO Lucie Cez.

Figure 4. Le canal d'irrigation contemporain



© Photo Lucie Cez.

Trois niveaux d'analyse de l'eau en tant qu'agent de construction du paysage

- 8 Le premier niveau d'analyse est celui de l'eau fluviale et correspond aux écoulements de la rivière. L'étude des variations spatiotemporelles de ses caractéristiques hydromorphologiques permet de traiter de la dynamique fluviale, c'est-à-dire du cours d'eau en tant qu'agent de façonnement du lit fluvial et de la plaine d'inondation, en lien avec différents forçages s'exerçant à l'échelle du bassin-versant, en particulier l'évolution climatique et le contexte tectonique.
- 9 D'un point de vue anthropocentré, cette eau constitue une potentialité du milieu au regard des sociétés qui la recherchent explicitement. Ce second niveau d'analyse de l'eau en tant que ressource nous situe à l'interface entre un milieu physique donné et des acteurs qui ont une appréciation utilitaire de ses caractéristiques écologiques et au regard de besoins socioéconomiques (Blot et Milian, 2004). Sont ainsi considérées l'eau de la rivière et plus largement les unités paysagères dont le fonctionnement est régi par l'eau, telles que les îles et la végétation ripisylve. Enfin, la notion d'eau maîtrisée renvoie à un troisième niveau d'analyse, celui de l'intervention des hommes sur les écoulements fluviaux, ce contrôle impliquant des aménagements, des techniques et pratiques de gestion et participant à la viabilité du système socioéconomique.

La fabrique du paysage de l'eau dans la vallée du Zeravchan : approche géoarchéologique

- 10 Le paysage met en jeu des dynamiques environnementales tant qu'il est un outil de compréhension des espaces et des activités des sociétés passées. Restituer l'histoire du paysage, objet d'étude complexe (Marchand, 2014), requiert plusieurs disciplines participant à l'étude des archives du paysage avec des approches méthodologiques différentes et des échelles d'étude privilégiées.

Les archives sédimentaires d'un paysage de vallée fluviale

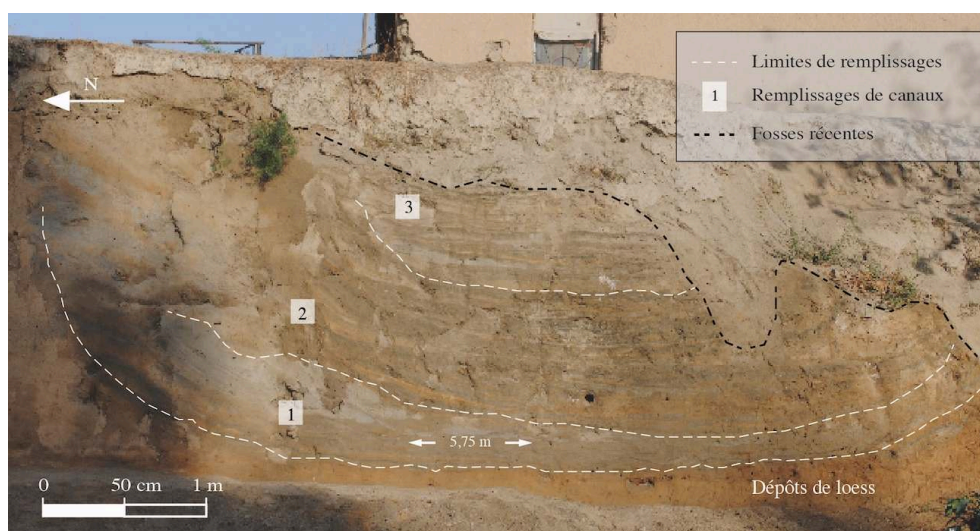
- 11 Les niveaux de terrasses alluviales situées sur le versant sud de la vallée constituent le premier type d'archives étudiées. Leur étude nous renseigne sur la dynamique fluviale à l'origine des formes paléopaysagères, sur les facteurs environnementaux qui la contrôlent et ses temps d'action. Les comblements de canaux constituent un second type d'archives sédimentaires, physiquement imbriquées dans la terrasse alluviale la plus haute. Ces comblements se présentent sous forme de séquences sédimentaires stratifiées d'argiles limoneuses et de limons sableux, dont l'accumulation est liée aux entrées d'eau à partir du rythme des écoulements fluviaux et du rythme d'entretien des canaux. Ces comblements résultent donc des pratiques de gestion de l'eau en lien avec cette dynamique fluviale. L'étude de ces sédiments anthropisés nous offre la possibilité de documenter les différentes temporalités qui participent à la gestion de l'eau, à la durabilité du système hydraulique et à la fabrique du paysage.
- 12 L'étude complémentaire de ces deux types d'archives préservées permet de développer une approche paléohydrographique, paléohydrologique et paléohydraulique afin de restituer l'histoire de la fabrique de ce paysage de l'eau. Cette étude intègre en effet les

concepts et les méthodes tant de la géoarchéologie fluviale (Salvador, 2005 ; Arnaud-Fassetta, 2008) que de la géoarchéologie tournée vers une approche culturelle des sols et des structures archéologiques, et notamment fondée sur l'étude micromorphologique (Cammass et Wattez, 2009 ; Goldberg et Macphail, 2006 ; Nicosia et Stoops, 2017). Cette démarche visant à répondre à des questionnements liés aux interactions nature/sociétés passées à partir des archives sédimentaires est un fondement de la géoarchéologie (Bravard, 2002 ; Fouache, 2010 ; Burnouf, 2014 ; Lespez et Fouache, 2013).

Un continuum d'échelles spatiotemporelles et d'analyses

- 13 L'étude de ces archives s'effectue selon un continuum d'échelles spatiotemporelles révélées grâce à un ensemble d'analyses menées de l'échelle macroscopique sur le terrain à l'échelle microscopique en laboratoire.
- 14 L'analyse géomorphologique a été conduite dans la moyenne section de la vallée du Zeravchan, entre Pendzhikent et la frontière tadjiko-ouzbèke. Les prospections sur le terrain ont permis d'identifier les différentes unités morphosédimentaires constituant le fond de vallée et ses versants, à l'appui des cartes topographiques disponibles et de l'imagerie satellite. La nature des dynamiques géomorphologiques (processus morphotectoniques, dynamiques d'érosion et d'accumulation) a été mise en évidence grâce aux informations de la carte géologique soviétique de 1968 et aux observations de terrain. Les limites d'extension et d'altitude des terrasses alluviales ont été relevées au GPS. Leur datation par luminescence optiquement stimulée (OSL) a pour but de préciser la chronologie de leur façonnement. La méthode de datation par OSL est fondée sur la mesure des dégâts d'irradiation accumulés dans la structure cristalline des grains minéraux (quartz et feldspath) contenus dans des matériaux sableux à partir de leur enfouissement (Aitken, 1985). Elle permet ici de dater la période de dépôt du matériel fluvial. La carte géomorphologique restitue les composantes morphopaysagères de la moyenne section de la vallée du Zeravchan et la chronologie de leur mise en place en lien avec la dynamique fluviale et les facteurs de contrôle du paysage.
- 15 La prospection a également concerné les canaux anciens, dont les vestiges ont été identifiés sur la bordure de la plus haute terrasse où se situe le site de Sarazm, en rive gauche de la rivière. La prise d'eau de ces canaux n'a pu être retrouvée, la terrasse étant sapée à quelques kilomètres à l'est du site par la rivière. À partir des coupes faites dans le remplissage sédimentaire de ces canaux (figure 5), la position et l'altitude de fond de trois générations de canaux ont été systématiquement relevées au GPS afin d'établir la topographie et la planimétrie de ces structures et de les replacer dans leur contexte paléogéographique. La datation de leurs comblements a permis de préciser la chronologie des périodes de fonctionnement hydraulique en lien avec le peuplement de la vallée et l'histoire du paysage. La méthode de datation par OSL, récemment appliquée aux remplissages de canaux (Sanderson *et al.*, 2003 ; Berger *et al.*, 2009 ; Purdue, 2011 ; Cez *et al.*, à paraître), constitue une alternative intéressante pour dater le fonctionnement de ces ouvrages en l'absence d'autre matériel datable (céramiques ou charbons), si la fraction sableuse y est suffisante. La datation porte sur la dernière période d'accumulation sableuse correspondant à la dernière période d'activité du canal daté.

Figure 5. Section transversale montrant les comblements sédimentaires de trois canaux et leurs remplissages sédimentaires



© Photo Lucie Cez.

- 16 C'est à partir de l'étude pédosédimentaire des comblements de canaux que la gestion de l'eau a été étudiée avec une approche multiscalaire de la stratigraphie, sur le terrain puis en lames minces. L'analyse micromorphologique, appliquée aux séquences archéologiques microstratifiées telles que les comblements sédimentaires de canaux, permet d'appréhender leur histoire à des échelles de temps courtes (Wattez *et al.*, 1998). Cette analyse permet ici de documenter les modalités et les temporalités fines de la gestion de l'eau à Sarazm. L'étude micromorphologique repose sur l'analyse de lames minces réalisées dans des prélèvements en bloc et étudiées en microscopie optique selon les principes de détermination de la micromorphologie des sols (Bullock *et al.*, 1985 ; Stoops *et al.*, 2010). Elle s'appuie également sur les modèles d'interprétation développés en contexte archéologique (Courty *et al.*, 1989 ; Gé *et al.*, 1993 ; Matthews *et al.*, 1997 ; Wattez *et al.*, 1998 ; Cammas et Wattez, 2009) et notamment les travaux récents menés sur les structures hydrauliques et la gestion de l'eau en contextes arides (Purdue, 2011 ; Desruelles *et al.*, 2016 ; Cez *et al.*, à paraître). En lames minces, les traits sédimentaires et pédologiques relevant de la gestion des écoulements, de la mise en eau, du fonctionnement et de la maintenance des ouvrages hydrauliques, sont recherchés. Les temporalités propres à ces différents objectifs sont documentées par les variations dans l'énergie hydrique et les conditions de sédimentation, dans les ambiances pédoclimatiques ainsi que par les traits anthropiques liés aux processus d'aménagement, d'entretien et de réfection du canal. La combinaison de ces traits permet ainsi d'identifier des microfaciès dont la succession dans la séquence microstratigraphique forme l'histoire du canal. Les dynamiques paléoenvironnementales et anthropiques sont ainsi appréhendées dans la durée du fonctionnement de l'ouvrage hydraulique.

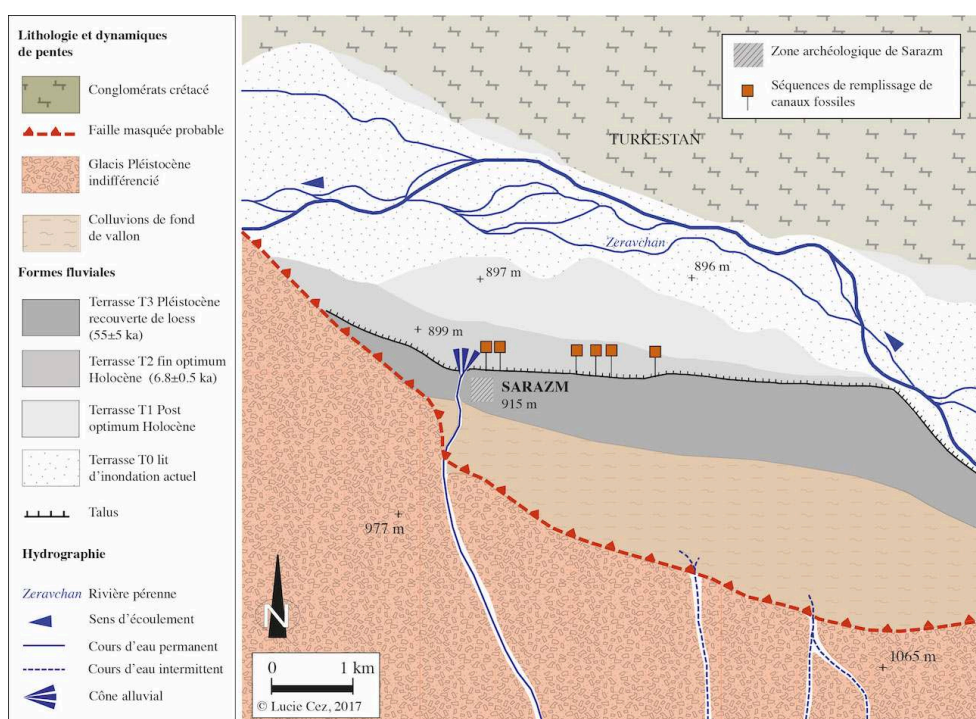
Le paysage fluvial de la moyenne vallée du Zeravchan à Sarazm au Quaternaire : la fabrique d'un paysage de l'eau sur le temps long

- 17 Le paysage de la moyenne vallée du Zeravchan est façonné par des processus morphotectoniques et morphoclimatiques qui marquent directement la structure de la vallée ou qui affectent la dynamique fluviale. Ces processus agissent sur la longue durée du Quaternaire comme sur des pas de temps plus courts.

L'influence des dynamiques tectoniques sur la morphologie fluviale

- 18 La moyenne vallée de la rivière Zeravchan correspond à un bassin d'effondrement tectonique Plio-Quaternaire (figure 6), délimité au sud par un escarpement de faille dont la trace dans le paysage est bien visible. Les mouvements subsidents affectant la bordure méridionale à la fin du Tertiaire ont été compensés par des apports colluviaux massifs au Quaternaire. L'énergie du relief au sud et les nombreux torrents ont favorisé l'érosion de ce versant et l'édification de cônes de déjection, eux-mêmes repris et redéposés vers le nord pour former un vaste glacis d'accumulation. La dissymétrie de la subsidence et les processus d'érosion et de dépôt sur le versant sud ont conduit au rejet, dans son cours moyen, de la rivière Zeravchan en bordure septentrionale du bassin. Les terrasses alluviales en pied de versant semblent également influencées par l'activité néotectonique à l'Holocène, par le jeu de failles normales parallèles aux failles bordières du bassin. En témoigne la disposition systématique des talus faisant face au nord sur des alignements est-ouest dont la linéarité générale reflète celle de la vallée. Enfin, l'activité sismique est récurrente dans la vallée du Zeravchan, affectée par de petits séismes annuels ou pluriannuels d'intensité modérée ou, plus rarement, par des séismes de forte magnitude tels qu'en 1976 celui de Gazli à l'ouest du delta du Zeravchan en Ouzbékistan.

Figure 6. Carte géomorphologique de la moyenne vallée du Zeravchan



© DAO Lucie Cez.

Le rôle des dynamiques morphoclimatiques holocènes

- 19 Les terrasses de la rive gauche attestent également d'une dynamique générale d'incision en réponse à l'évolution des conditions climatiques régionales au cours de l'Holocène (figure 6). La plus haute terrasse fluviale identifiée forme une lanière topographique située à environ 915 mètres. Le corps de cette terrasse (T3) composé de conglomérats alluviaux (gros galets) cimentés est une terrasse ancienne d'âge Pléistocène. Elle est recouverte d'une épaisseur de loess liée à l'extension du glacier Zeravchan lors du dernier épisode glaciaire. L'âge de ces matériaux loessiques de 55 +/- 5 ka situe en effet leur dépôt au début du stade isotopique 3, période d'avancée des glaciers du Pamir (Abramowski *et al.*, 2006).
- 20 La terrasse T2, située à une altitude moyenne de 899 mètres et large de 500 mètres environ succède à la T3 vers le nord. Elle est datée de 6,8 +/- 0,5 ka, un âge associé à la fin de l'optimum climatique holocène ; période chaude et humide connue en Asie centrale aride sous le nom de *Ljajljakan* (Vinogradov et Mamedov, 1975). Le dernier niveau de terrasse (T1) situé à environ 897 mètres correspond à une phase d'incision récente de la rivière au cours de l'Holocène tardif, période moins humide incluant des oscillations plus sèches (Chen *et al.*, 2008).

Du paysage fluvial au paysage irrigué de Sarazm aux IV^e et III^e millénaires avant notre ère

- 21 De la seconde moitié du IV^e millénaire au début du III^e millénaire avant notre ère, le peuplement sédentaire de Sarazm initie un nouveau pan de l'histoire du paysage de

cette portion de la vallée. Le paysage irrigué qui s'y construit est porteur d'informations sur la relation à l'eau des habitants de cette vallée et sur les modalités de sa mise en valeur, à travers le développement de l'hydraulique.

Les ressources du paysage fluvial et les fondements de l'irrigation à Sarazm

- 22 Les données archéologiques et paléoécologiques permettent la restitution des conditions géo-environnementales à Sarazm au Chalcolithique et au Bronze ancien.

À plus de 900 mètres d'altitude, Sarazm s'inscrit dans l'*adyr*, domaine des piémonts bénéficiant de conditions bioclimatiques favorables avec 250 à 400 mm de précipitations annuelles et une relative humidité de l'air. Les données archéobotaniques montrent que le paysage végétal associait la végétation ripisylve du Zeravchan, composée de l'olivier de Bohême, du frêne, de l'argousier et d'autres espèces typiques des *tugai* (peuplier et tamaris), à une forêt arbustive (cotonéaster, genévrier, berbérís, noyer, orme, sorbier, abricotier sauvage, groseillier) à partir de 2 000 mètres d'altitude (Spengler et Willcox, 2013). D'autres arbres fruitiers sauvages à fruits comestibles existaient probablement à moyenne altitude, tels l'érable, le micocoulier et le pistachier encore visibles aujourd'hui dans le nord du Zeravchan vers 1 500 mètres d'altitude (*ibid.*). La consommation de ces fruits et baies sauvages accessibles à proximité de Sarazm ainsi que les productions obtenues en culture pluviale devaient constituer une part non négligeable de la subsistance de ses habitants. Il est également attesté que le bois de saule et de peuplier ainsi que les tiges de roseaux servaient de combustibles et de matériaux de construction (murs et toitures).

Vers une restitution du système d'irrigation, matérialité du paysage irrigué

- 23 L'étude du comblement du plus ancien canal de Sarazm montre que l'irrigation était également pratiquée. La restitution du parcours de l'eau révèle la manière dont il s'inscrit dans le paysage fluvial et façonne le paysage irrigué.
- 24 La datation du comblement du canal montre que son fonctionnement était contemporain de l'occupation du site au cours du Bronze ancien, l'âge de 4,5 +/- 0,4 ka correspondant à la dernière phase d'occupation documentée du site au Bronze ancien, au III^e millénaire avant notre ère (Besenval et Isakov, 1989 ; Lyonnet, 1996 ; Mutin et Razzokov, 2014). Le tracé du canal suivait la limite nord de la terrasse pléistocène avec une pente de 0,05 ‰ calculée sur une distance de 1,5 km, la rivière sapant les bordures orientales des trois niveaux de terrasses à l'amont du site. Son orientation globalement est-ouest met cependant en évidence un système d'adduction fondé sur la dérivation gravitaire des écoulements fluviaux du Zeravchan, dont les hautes eaux et la crue ont lieu en été. L'altitude des écoulements située à 909 mètres, le canal devait permettre d'irriguer la terminaison occidentale de la terrasse T3 (à l'ouest du site), la terrasse T2 ainsi que les pentes du tablier colluvial les séparant. L'étude archéobotanique a révélé la présence sur le site de taxons de céréales cultivées (blé et orge) et de taxons d'herbes spontanées (adventices) associées aux espaces cultivés irrigués (Spengler et Willcox, 2013).

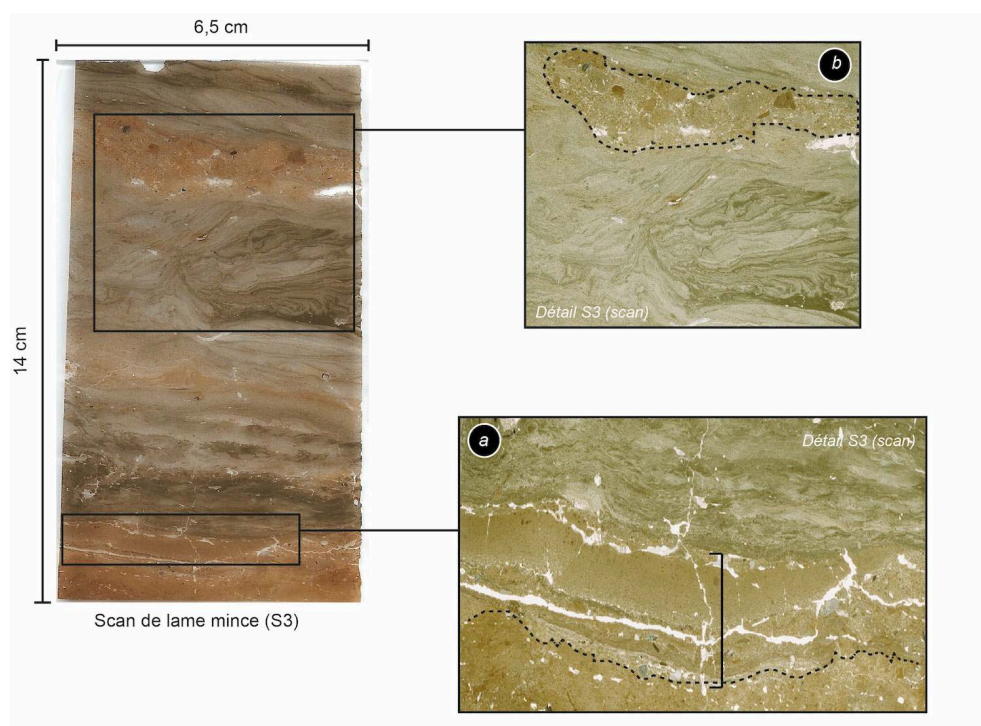
- 25 L'implantation d'un système d'irrigation de bordure de terrasse haute en rive gauche du Zeravchan est éclairante pour la localisation des activités hydro-agricoles, faisant ici de l'analyse du paysage un outil d'appréhension de l'aménagement de l'espace. Bien qu'aucun vestige relatif à l'exploitation agricole ancienne à Sarazm (champs, parcellaires) n'ait été identifié sur ces terrasses basses, leur position contiguë et en contrebas du dispositif d'adduction d'eau, leurs caractéristiques morphologiques (planéité et largeur) ainsi que leur qualité agronomique imputable à la couverture de loess quaternaire en font des espaces intéressants pour la pratique de l'agriculture irriguée. La proximité du site de Sarazm est également à prendre en compte, ses habitants étant les acteurs de la mise en valeur hydro-agricole de ces terroirs.

La gestion de l'eau, clé de compréhension des relations socioenvironnementales au sein du paysage

- 26 Dans un système d'irrigation, les pratiques de gestion de l'eau renvoient à l'ensemble des actions menées dans le temps visant à la dérivation, à la canalisation et à la distribution de l'eau. Elles impliquent une relation à l'environnement physique autant qu'à des acteurs (Blanc-Pamard *et al.*, 1992). Rarement documentée, la circulation de l'eau au sein des ouvrages hydrauliques peut être abordée à Sarazm, dans ses modalités pratiques et ses temporalités grâce à l'étude micromorphologique du remplissage du canal daté du Bronze ancien. Celles-ci concernent, d'une part, la mise en place des écoulements et, d'autre part, le fonctionnement courant du canal.
- 27 La mise en eau du canal correspond à une succession d'apports en eau de faible énergie (sables très fins et limons dominants) et décroissante. La présence de traits d'assèchement (traits d'oxydoréduction et encroûtements limono-argileux) témoigne d'un contrôle de l'énergie et du rythme des entrées d'eau qui est discontinu avec des arrêts d'écoulements brefs (figure 7). La fin de la séquence de mise en eau se caractérise par des écoulements de très faible énergie puis de leur interruption illustrée par de nombreux traits d'ambiance sèche (encroûtements, fentes de dessiccation, précipitations de gypse). En parallèle, le fond du canal fait l'objet d'une préparation, illustrée par les multiples incisions pratiquées à l'outil et observées dans les dépôts loessiques de l'encaissant et les traces de compaction. Ces indices témoignent d'opérations de curage et probablement d'un piétinement lié à la fréquentation du canal avant et pendant la mise en eau.
- 28 Le fonctionnement du canal repose sur le contrôle des écoulements entrants. Cela se marque dans la dynamique hydrosédimentaire rythmée et la granulométrie des dépôts qui traduisent des apports hydriques généralement de faible intensité et de brefs arrêts des écoulements. Un épisode de crue a été reconnu dans cette phase. Ce contrôle du rythme et de l'intensité des apports hydriques au sein d'un ouvrage hydraulique reflète un usage pour l'irrigation estivale.
- 29 Au sein de la séquence microstratigraphique, des figures de déformation sédimentaire interprétées comme des séismites ont été identifiées, signalant deux épisodes de perturbation dus à des secousses sismiques (figure 7). Les conditions de leur enregistrement impliquant une disponibilité en eau des sédiments semi-liquides à semi-lithifiés (Moretti et van Loon, 2009), ces séismites indiquent que la déformation est un processus synsédimentaire ou postdépositionnel et que le choc sismique devait être synchrone ou légèrement postérieur à une phase d'alimentation en eau du canal.

De manière successive à ces deux événements sismiques, un arrêt des écoulements a été systématiquement observé ainsi que la présence de niveaux centimétriques de débris de matériaux de construction en terre crue, de fragments de céramique, de microcharbons et d'esquilles d'os. Les traces de curage et les piétinements observés au sommet de ces couches de débris suggèrent que ces matériaux sont associés aux opérations de maintenance. S'agissant probablement de reliquats d'effondrements liés aux séismes, leur présence fortuite ou volontaire dans le fond du canal au sein des séquences de maintenance et la reprise de ces matériaux, par le curage et le piétinement, indiquent qu'ils jouaient un rôle dans la réfection du canal (comblement, consolidation). Ces opérations de réfection intervenant en période d'exondation, se pose la question du caractère volontaire ou non des arrêts des écoulements. Ils pourraient en effet résulter d'une déconnexion entre le canal et sa prise d'eau ou de la destruction d'une portion localisée de l'ouvrage, à la suite du choc sismique, comme avoir été provoqués afin d'accéder aux secteurs du canal à réparer.

Figure 7.



a) Séquence de mise en eau du canal du Bronze ancien. b) Niveau de déformation sédimentaire (figure d'échappement d'eau) dans des sédiments microlaminés, liquéfiés et surmontés d'une couche de débris (épaisseur 1 cm). © Lucie Cez.

Les temporalités du paysage irrigué de Sarazm, du III^e millénaire avant notre ère à nos jours

- 30 L'histoire du paysage irrigué de la moyenne vallée du Zeravchan résulte de dynamiques socioenvironnementales qui se déploient sur des temps brefs à plurimillénaires. Trois temps se dégagent dans la fabrique de ce paysage irrigué, eux-mêmes composés de temporalités multiples.

- 31 Le premier temps est court et regroupe les temporalités de la mise en eau et du fonctionnement des structures hydrauliques, telles qu'illustrées par le canal de Sarazm au Bronze ancien (cf. *supra*). L'alimentation du canal est fondée sur les variations annuelles du débit du Zeravchan, qui augmente significativement au début du printemps (avril-mai) et de nouveau en été (juin-juillet). Le contrôle des écoulements entrants dans le canal était probablement opéré à partir d'un niveau d'entrée d'altitude fixe, ce qui n'exclut pas l'existence d'une vanne de régulation. Le cycle saisonnier de l'alimentation du canal intègre des temporalités plus courtes : celles liées à l'entretien (curages) visant à empêcher l'exhaussement sédimentaire au sein du canal, condition *sine qua non* de l'entrée et du transport de l'eau ; et celles liées à la réparation en période de dysfonctionnement. Ces gestes du temps court, fréquents ou plus rares, constituent une réponse à la permanence de l'aridité et à la spontanéité des séismes. Dans ce milieu contraignant, ces temporalités fines sont consubstantiellement liées aux temps plus longs du dispositif hydraulique puisqu'elles le rendent fonctionnel et participent de sa fonctionnalité à long terme.
- 32 Le second temps est celui du système d'irrigation en tant qu'aménagement dans le paysage et regroupe diverses temporalités participant à sa durabilité. La durabilité caractérise les propriétés internes d'un objet fait pour durer, possédant intrinsèquement une certaine capacité à résister aux facteurs de destruction ou bénéficiant des actions et moyens permettant d'y parvenir. À Sarazm, les canaux sont des structures excavées de grande dimension creusées dans le sol selon des caractéristiques topographiques précises, d'altitude et de pente notamment. Leur fonctionnalité dans le temps d'évolution du paysage dépend ensuite du maintien de ces caractéristiques par les pratiques de gestion de l'eau, impliquant des connaissances et savoir-faire, des objets techniques (outils) ainsi que du temps, lui-même fonction de la complexité des ouvrages et de l'ensemble du système (Tianduowa *et al.*, 2018). La notion de durabilité implique également la projection dans le temps des objectifs d'un groupe social ainsi que les actions et moyens réunis pour y parvenir. Dans cette vallée semi-aride du Zeravchan, le système d'irrigation est au fondement d'un projet d'aménagement hydro-agricole qui s'inscrit dans les potentialités et les contraintes de son territoire, en réponse au caractère limitant des conditions climatiques locales. L'implantation du système d'irrigation à Sarazm, de même que les structures d'habitat, sur la terrasse alluviale la plus haute, éloignée de la dynamique fluviale et d'éventuels risques de sapement et d'inondation, favorisent les conditions de stabilité morphopaysagères et la proximité de la communauté des irrigants. De tous ces éléments découlent la stabilité et « l'inertie structurelle » des dispositifs hydrauliques dans le paysage (Netting 1974, p. 73).
- 33 Le troisième temps est celui du paysage irrigué lui-même, produit des dynamiques et des temporalités propres aux systèmes d'irrigation qui s'y sont succédé.
- 34 À Sarazm, d'autres canaux plus récents ont été documentés, creusés dans les vestiges du canal protohistorique (figure 5), un canal moderne et maçonné étant lui-même fonctionnel en contrebas de la terrasse la plus ancienne (figure 4). L'usage plurimillénaire des aménagements hydrauliques, comme mode de mise en valeur de cette portion de la vallée, atteste de conditions hydroclimatiques favorables à l'Holocène tardif. Les aménagements hydrauliques sont ainsi un moyen pour les sociétés passées et contemporaines de dépasser ou de limiter la contrainte climatique, et jouent un rôle d'autant plus structurant dans la fabrique du paysage irrigué qu'ils

sont parties prenantes des processus de production, ici l'agriculture irriguée attestée depuis le III^e millénaire avant notre ère.

- 35 La préservation des comblements sédimentaires de plusieurs générations de canaux, exploitant la même bordure de terrasse ancienne de haut de versant, résulte de leur superposition, les creusements successifs oblitérant seulement une partie de l'archive antérieure. Ensuite, leur enfouissement, leur conservation dans le corps de la terrasse et leur non-destruction ultérieure par les activités et aménagements contemporains font de ces vestiges des objets d'étude pour la géoarchéologie, transmis par le paysage.

Conclusion

- 36 L'histoire du paysage fluvial du Moyen-Zeravchan résulte autant de processus naturels que d'actions humaines exprimées selon des temporalités plus ou moins longues à l'échelle du Quaternaire. Sur cette longue durée, le paysage de la vallée est façonné par des processus morphotectoniques et morphoclimatiques lents ou plus rapides en lien avec les forçages naturels qui influencent conjointement la morphologie de cette partie de la vallée et les modelés qui composent son paysage. La nature et les temporalités de ces dynamiques paléoenvironnementales font de la moyenne vallée du Zeravchan un espace marqué par la sismicité, l'aridité et la variabilité spatiotemporelle des ressources en eau. Les sociétés qui s'y développent laissent à leur tour une empreinte dans ce paysage, à travers les usages et les aménagements qu'ils ont mis en place.
- 37 L'étude géoarchéologique à toutes les échelles du système d'irrigation daté du III^e millénaire avant notre ère montre que, de la construction à l'abandon du canal et au cours de son fonctionnement, les modalités et les temporalités de la gestion de l'eau participent à la structuration du paysage dans un temps historique plurimillénaire. L'analyse micromorphologique des sédiments anthropisés, que sont les comblements de canaux, traite à la fois des dynamiques hydroclimatiques et sismiques et révèle leur intensité, leur durée, les rythmes de leur manifestation ainsi que leur impact sur les ouvrages hydrauliques et leur fonctionnement ; mais aussi des modalités et des temporalités de la gestion de l'eau canalisée. Leur imbrication avec celles des dynamiques du milieu offre la possibilité d'étudier la dimension de contrainte au regard des formes et des temps de réponses des sociétés. Dans cette étude, l'attention particulière accordée aux temporalités conduit à mieux cerner le degré d'interaction et leur rôle dans le paysage. La micromorphologie des sols concourt ainsi à la restitution des dynamiques socioenvironnementales dans le temps de la fabrique du paysage (Gebhardt, 2001).

BIBLIOGRAPHIE

Abramowski, U., Bergau, A., Seebach, D., Zech, R., Glaser, B., Sosin, P., Kubik, P. W. et Zech, W.,
« Pleistocene glaciations of Central Asia : results from ¹⁰Be surface exposure ages of erratic

boulders from the Pamir (Tajikistan) and the Alay-Turkestan range (Kyrgyzstan) », *Quaternary Science Reviews*, vol. 25, n° 9-10, 2006, p. 1080-1096.

Aitken, M. J., *Thermoluminescence dating*, London, Academic Press, 1985.

Andrianov, N.V., Mantellini, S. (eds), *Ancient irrigation systems of the Aral Sea area. The history, origin and development of irrigated Agriculture*, avec les contributions de C.C. Lamberg-Karlovsky, C. C., Tosi, M., Oxford Books, American School of Prehistoric Research Monograph Series, 2016.

Arnaud-Fassetta, G., « La géoarchéologie fluviale. Concepts, attendus et méthodes d'étude rétrospectives appliqués à la caractérisation du risque hydrologique en domaine méditerranéen », *EchoGéo*, n° 4, mars 2008, URL : <http://journals.openedition.org/echogeo/2187>, DOI : 10.4000/echogeo.2187.

Barrué-Pastor, M. et Bertrand, G., *Les Temps de l'environnement*, Toulouse, Presses universitaires du Mirail, 2000.

Berger, G.W., Post, S., Wenker, C., « Single and multigrain quartz luminescence, dating of irrigation-channel features in Santa Fe, New Mexico », *Geoarchaeology*, vol. 24, n° 4, 2009, p. 383-401.

Berger, J.-F., « Les fossés bordiers historiques et l'histoire agraire rhodanienne », *Études rurales*, n° 153-154, 2000, p. 59-90, mis en ligne en juin 2003, URL : <http://journals.openedition.org/etudesrurales/4>, DOI : 10.4000/etudesrurales.4.

Bertrand, G., « Le paysage entre nature et société », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, t. 49, fasc. 2, 1978, p. 239-257.

Besenal, R., Isakov, A., « Sarazm et le début du peuplement agricole dans la région de Samarkand », *Arts asiatiques*, t. 44, 1989, p. 5-20.

Blanc-Pamard, C., Deffontaines, J.-P., Friedberg, C., « Techniques et pratiques : à la jonction du naturel et du social », dans Jollivet, M. (dir.), *Sciences de la nature, sciences de la société. Les Passeurs de frontières*, Paris, CNRS Éditions, 1992, p. 347-357.

Blot, F., Milian, J., « Ressource, un concept pour l'étude de relations éco-socio-systémiques », *Montagnes méditerranéennes*, n° 20, 2004, p. 69-73.

Bravard, J.-P., « Les paléo-environnements fluviaux et lacustres depuis 15 000 ans : conclusions méthodologiques et perspectives », dans Bravard, J.-P. et Magny, M. (dir.), *Les fleuves ont une histoire : paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, Paris, Errance, 2002, p. 303-312.

Brown, A.G., Toms, P.C., Rhodes, E., « Geomorphology of the Anthropocene : time-transgressive discontinuities of human-induced alluviation », *Anthropocene*, vol. 1, 2013, p. 3-13.

Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G., Tursina, T.V., Babel, U., *Handbook for Soil Thin Section Description*, Albrighton, Wolverhampton, UK, Waine Research Publications, 1985.

Burnouf, J., « Introduction : historiographie, attendus épistémologiques et concepts de la géoarchéologie », dans Carcaud, N., Arnaud-Fassetta, G., (dir.), *La Géoarchéologie au XXI^e siècle*, Paris, CNRS Éditions, 2014, p. 9-12.

Burnouf, J., Leveau, P. (dir.), *Fleuves et Marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture. Sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres : pratiques sociales et hydrosystèmes*, Paris, Édition du CTHS, coll. « Archéologie et histoire de l'art », n° 19, 2004.

Burnouf, J., Carcaud, N., « L'Homme et les vallées : les vals de Loire de Tours à Angers », *Annales de Bretagne et des Pays de Loire*, t. 107, n° 1, 2000, p. 7-22.

Cador, J.-M., Lespez, L., « Les cours d'eau bas-normands aujourd'hui : entre hydrosystèmes et systèmes hydrauliques », dans Lespez, L. (dir.), *Paysages et Gestion de l'eau. Sept millénaires d'histoire de vallées et de plaines littorales en Basse-Normandie*, Presses universitaires de Caen et Maison de la recherche en sciences humaines, coll. « Bibliothèque du pôle rural », n° 3, 2012, p. 235-272.

Cammas, C., Wattez, J., « L'approche micromorphologique : méthode et applications aux stratigraphies archéologiques », dans Ferdières, A. (dir.), *La Géologie, les Sciences de la terre*, Paris, Éditions Errance, 2009, p. 139-153.

Cez, L., Brunet, F., Fouache, E., Wattez, J., Petit, C., Francfort, H.-P., Razzokov, A., « Gestion de l'eau et irrigation en Asie centrale (Tadjikistan) : étude des archives sédimentaires de canaux de Sarazm (IV^e-III^e millénaires avant notre ère) », dans Grenet, F., La Vaissière, E. de (dir.), *Nouvelles recherches sur l'histoire de l'irrigation en Asie centrale et dans les zones voisines. Hommage à Pierre Gentelle (1933-2010)*, Paris, Éditions de Boccard, coll. « Séries n° 8 de l'Institut de civilisation indienne (collège de France) », à paraître.

Chen, F., Yu, Z., Yang, M., Ito, E., Wang, S., Madsen, D.B., Huang, X., Zhao, Y., Sato, T., Birks, H.J.B., Boomer, I., Chen, J., An, C.-B., Wünnemann, B., « Holocene moisture evolution in arid central Asia and its out-of-phase relationship with Asian monsoon history », *Quaternary Science Reviews*, vol. 27, n° 3-4, 2008, p. 351-364.

Courty, M.-A., Goldberg, P., Macphail, R.I., *Soils and micromorphology in archaeology*, Cambridge, Cambridge University Press, coll. « Cambridge Manual in Archaeology », 1989.

Desruelles, S., Fouache, É., Eddargach, W., Cammas, C., Wattez, J., Beuzen-Waller, T., Martin, C., Tengberg, M., Cable, C., Thornton, C., Murray, A., « Evidence for early irrigation at Bat (Wadi Sharsah, northwestern Oman) before the advent of farming villages », *Quaternary Science Reviews*, vol. 150, 2016, p. 42-54.

Ersten, M.W., « Structuring properties of irrigation systems : understanding relations between humans and hydraulics through modeling », *Water History*, vol. 2, n° 2, 2010, p. 165-183.

Farrington, I.S., « The archaeology of irrigation canals, with special reference to Peru », *World Archaeology*, vol. 11, n° 3, 1980, p. 287-305.

Fouache, É., Cez, L., Andrieu-Ponel, V., Rante, R., « Environmental changes in Bactria and Sogdiana (Central Asia, Afghanistan and Uzbekistan) from the Neolithic to the Late Bronze Age : interaction with the human occupation », dans Lyonnet, B., Dubova, N. (eds), *The World of the Oxus Civilization*, United Kingdoms, Routledge Worlds, à paraître.

Fouache, É., « L'approche géoarchéologique », *Revista de geomorfologie*, vol. 12, 2010, p. 5-14.

Francfort, H.-P. et Lecomte, O., « Irrigation et société en Asie centrale des origines à l'époque Achéménide », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 57^e année, n° 3, 2002, p. 625-663, URL : <https://www.cairn.info/revue-Annales-2002-3-page-625.htm>.

Gé, T., Courty, M.-A., Wattez, J., Matthews, W., « Sedimentary formation processes of occupation surfaces », dans Goldberg, P., Petraglia, M., Nash, D.T. (eds), *Formation Processes in Archaeological Contexts*, Madison, Wisconsin, Prehistory Press, coll. « Monographs in World Archaeology », n° 17, 1993, p. 149-163.

Gebhardt, A., « Le rôle de la micromorphologie des sols dans la formation des paysages », *Études rurales*, n° 153-154, 2000, p. 139-149, mis en ligne en juin 2003, URL : <http://journals.openedition.org/etudesrurales/8> ; DOI : 10.4000/etudesrurales.8.

Goldberg, P., Macphail, R., *Practical and theoretical geoarchaeology*, Malden, Blackwell Science, 2006.

- Lespez, L., Fouache, É., « Géoarchéologie », dans Mercier, D. (dir.), *Géomorphologie de la France*, Paris, Dunod, coll. « Sciences sup », 2013, p. 215-228.
- Lespez, L., « Les temps des paysages de l'environnement des vallées et des plaines littorales bas-normandes », dans Lespez, L., (dir.), *Paysages et Gestion de l'eau. Sept millénaires d'histoire de vallées et de plaines littorales en Basse-Normandie*, Presses universitaires de Caen et Maison de la recherche en sciences humaines, coll. « Bibliothèque du Pôle Rural », n° 3, 2012.
- Lespez, L., Ballouche, A., « Paysages au fil de l'eau : l'objet, le sensible et leurs trajectoires », *Bulletin de l'Association de géographes français*, 86^e année, n° 1, 2009, p. 3-11.
- Luginbühl, Y., « Temps social et temps naturel dans la dynamique du paysage », dans Poullaouec-Gonidec, P., Paquette, S., Domon, G. (dir.), *Les Temps du paysage*, Montréal, Presses de l'université de Montréal, 2003, p. 85-104.
- Lyonnet, B. (avec la collaboration de Isakov, A. et la participation de Avanessova, N.A.), *Sarazm (Tadjikistan). Céramiques (Chalcolithique et Bronze ancien)*, Paris, De Boccard, coll. « Mémoires de la Mission Archéologique Française en Asie Centrale », t. VII, 1996.
- Marchand, C., « Paysages : du temps linéaire au temps complexe », dans Bouillon, D. (dir.), *Le Temps du paysage*, édition électronique, Besançon, Édition du Comité des travaux historiques et scientifiques, coll. « Acte des Congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques », 2014, p. 35-43, URL : <http://cths.fr/ed/edition.php?id=3834>.
- Matthews, W., French, C.I., Lawrence, T., Cutler, D.F., Jones, M.K., « Microstratigraphic traces of site formation processes and human activities », *World Archaeology*, vol. 29, n° 2, 1997, p. 281-308.
- Moretti, M., van Loon, A.J.T., « Restrictions to the application of 'diagnostic' criteria for recognizing ancient seismites », *Journal of Palaeogeography*, vol. 3, n° 2, 2009, p. 162-173.
- Mutin, B., Razzokov, A., « Contacts across the Hinku Kush in the Bronze Age. Additional insights from Sarazm – Soundings 11-11A (Tajikistan) », *Archäologische Mitteilungen aus Iran und Turan*, vol. 46, 2014, p. 123-147.
- Netherly, P.J., « The management of late Andean Irrigation Systems on the north coast of Peru », *American Antiquity*, vol. 49, n° 2, 1984, p. 227-254.
- Netting, R. (Mac), « The System Nobody Knows : Village irrigation in the Swiss Alps », dans Downing, T.E., Gibson, M.G. (eds), *Irrigation's impact on society*, Arizona, The University Press, 1974, p. 67-76.
- Nicosia, C., Stoops, G., (eds.), *Archaeological Soil and Sediment micromorphology*, Hoboken, Wiley-Blackwell Press, 2017.
- Purdue, L., « Construction, maintenance and abandonment of hydraulics systems : hydroclimatic or social constraints ? A case study of prehistoric Hohokam irrigation systems (Phoenix, Arizona, USA) », *Water History*, vol. 7, n° 1, 2015, p. 73-99.
- Purdue, L., Berger, J.-F., « An integrated socio-environmental approach to the study of ancient water systems: the case of prehistoric Hohokam irrigation systems in semi-arid central Arizona, USA », *Journal of Archaeological Science*, vol. 53, 2015, p. 586-603.
- Purdue, L., « Dynamique des paysages agraires et gestion de l'eau dans le bassin semi-désertique de Phoenix, Arizona, de la préhistoire à l'époque moderne », thèse de doctorat, université Nice Sophia-Antipolis, 2011.

- Rouse, L.M., Cerasetti, B., « Micro-dynamics and macro-patterns: Exploring new archaeological data for the late Holocene human-water relationship in the Murghab alluvial fan, Turkmenistan », *Quaternary International*, vol. 437, 2017, p. 20-34.
- Salvador, P.-G., « Géomorphologie et géoarchéologie des plaines alluviales (piémont alpin et nord de la France) », dossier d'habilitation à diriger des recherches, texte de synthèse, université des sciences et technologies de Lille 1, 2005.
- Sanderson, D.C.W., Bishop, P., Stark, M.T., Spencer, J.Q., « Luminescence dating of anthropogenically reset canal sediments from Angkor Borei, Mekong delta, Cambodia », *Quaternary Sciences Reviews*, vol. 22, n° 1-4, 2003, p. 1111-1121.
- Spengler III, R. N., Willcox, G., « Archaeobotanical results from Sarazm, Tajikistan, an Early Bronze Age Settlement on the edge : Agriculture and Exchange », *Journal of Environmental Archaeology*, vol. 18, n° 3, 2013, p. 211-221.
- Stoops, G., Marcelino, V., Mees, F. (eds.) *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*, Amsterdam, Elsevier, 2010.
- Tianduowa, Z., Woodson, K.C., Ertsen, M.W., « Reconstructing ancient Hohokam Irrigation Systems in the Middle Gila River Valley, Arizona, United States of America », *Human Ecology*, vol. 46, n° 5, 2018, p. 735-746.
- Tianduowa, Z., Ersten, M.W., « Interaction between human agency and hydraulics a case study in Zhenguo Canal, China », *International Symposium on Water Resource and Environmental Protection*, 20 au 22 mai 2011, Xi'an, Chine.
- Tricart, J.-L., « Paysage et écologie », *Revue de géomorphologie dynamique*, vol. 28, n° 3, 1979, p. 81-95.
- Valette, P., « Le temps dans les paysages fluviaux de la Moyenne-Garonne », dans Bouillon, D., (dir.), *Le Temps du paysage*, édition électronique, Besançon, Édition du Comité des travaux historiques et scientifiques, coll. « Acte des Congrès nationaux des sociétés historiques et scientifiques », 2014, p. 71-80, URL : <http://cths.fr/ed/edition.php?id=3834>.
- Vinogradov, A.V., Mamedov, E.D., « Le Ljajljakan primitif, étapes du peuplement ancien et mise en valeur du Kyzyl-Kum intérieur », *Materialy Khorezmskoi Ekspeditsii*, vol. 10, Moscow, Nauka, 1975.
- Wantzen, K.M., Ballouche, A., Longuet, I., Bao, I., Bocoum, H., Cissé, L., Chauhan, M., Gopal, B., Kane, A., Marchese, M.R.M., Nautival, P., Zalewski, M., « River Culture : an eco-social approach to mitigate the biological and cultural diversity crisis in riverscapes », *Ecohydrology & Hydrobiology*, vol. 16, n° 1, 2016, p. 7-18.
- Waters, M.R., Ravesloot, J.-C., « Landscape change and the cultural evolution of the Hohokam along the Middle Gila river and other Rivers valleys in South-Central Arizona », *American Antiquity*, vol. 66, n° 2, 2001, p. 285-299.
- Wattez, J., Cammas, C., Courty, M.-A., « Marqueurs spatio-temporels des ambiances pédo-climatiques dans les sols archéologiques », symposium 16 : « Archivage dans les sols des changements de leur environnement naturel ou anthropique », actes du congrès mondial de science du sol, Montpellier, août 1998.

NOTES

1. Le mot est à entendre au sens latin de *complexus* : ce qui est tissé ensemble.

2. Terme vernaculaire récent désignant en Asie centrale les forêts ripariennes et leur végétation de buissons et de roseaux.

RÉSUMÉS

L'étude géoarchéologique du paysage fluvial de la moyenne vallée du Zeravchan met en évidence le rôle de l'eau en tant qu'agent morphogène et les facteurs de contrôle de la dynamique fluviale à différentes échelles de temps. Ce paysage résulte également des interactions entre les dynamiques de cet espace semi-aride et tectoniquement actif et les sociétés riveraines qui s'y développent depuis l'époque protohistorique. La démarche méthodologique se fonde sur l'étude à toutes les échelles des archives du paysage fluvial et des vestiges d'ouvrages hydrauliques. Les données archéologiques sont complétées par une étude géomorphologique, des datations par thermoluminescence optiquement stimulée (OSL) et l'analyse micromorphologique du comblement sédimentaire du canal fonctionnel au III^e millénaire avant notre ère. Cette étude montre que les interactions socioenvironnementales, relevant de l'occupation humaine et de la gestion de l'eau dans un milieu contraignant, participent à la fabrique de ce paysage de l'eau, selon des temporalités très courtes à plurimillénaires.

The geoarchaeological study of the river landscape of the Zeravchan Valley highlights the role of water as a morphogenic agent and the importance of factors controlling river dynamics according to different timelines. This landscape is also the result of interactions between the dynamics of this semi-arid and tectonically active area and the riparian societies that have developed there since the protohistoric era. This methodological approach is based on a multilevel study of the archives of the river landscape and the remains of hydraulic structures. The archaeological data are supplemented by a geomorphological study, Optically Stimulated Thermoluminescence (OSL) dating and micromorphological analysis of the sedimentary backfill of a canal which was in use in the 3rd millennium BE. This study shows that socio-environmental interactions, related to human settlement and water management in a challenging environment, contribute to the creation of such a water landscape over very short periods of time as well as over several millennia.

INDEX

Mots-clés : géoarchéologie, paysage fluvial, système irrigué, canaux, gestion de l'eau

Keywords : geo-archaeology, river landscape, irrigated system, canals, water management

AUTEUR

LUCIE CEZ

Doctorante à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Lucie Cez est membre de l'équipe « Archéologies environnementales » de l'UMR 7041 Archéologie et Sciences de l'Antiquité (ArScAn). Ses recherches en géoarchéologie portent sur les interactions sociétés/environnement dans les vallées fluviales et deltaïques des milieux arides à semi-arides en Asie centrale et en

Afrique orientale. Elle est également chargée d'enseignement en géographie et en géoarchéologie aux universités Panthéon-Sorbonne (Paris 1) et Paris-Sorbonne (Paris 4).

luciecez[at]gmail[dot]com

<http://www.arscan.fr/archeologies-environnementales/equipes/lucie-cez/>